

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-213372

(43)Date of publication of application : 30.07.2003

(51)Int.Cl. C22C 38/00
C22C 38/34
C22C 38/50
F16F 1/02

(21)Application number : 2002-017472

(71)Applicant : SUMITOMO DENKO STEEL WIRE KK

(22)Date of filing : 25.01.2002

(72)Inventor : ISHIHARA TORU
IZUMIDA HIROSHI
YAMAO NORITO
MURAI TERUYUKI

(54) STEEL WIRE FOR SPRING AND SPRING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a steel wire for a spring in which the fatigue resistance of the material itself is improved without addition of expensive elements and expensive treatment, to provide a production method therefor and a spring.

SOLUTION: The steel wire for a spring contains, by mass, 0.50 to 0.90% C, 1.0 to 3.0% Si, 0.5 to 1.5% Mn and 0.1 to 5.0% Cr, and has a metallic structure mainly consisting of tempered martensite. The old austenite grain size (JIS G 0551) of tempered martensite is #11 to 15, and the maximum grain size is $\leq 8 \mu\text{m}$. By the refining of the grain size, the density of the grain boundaries is increased, so that the strength of the material itself is improved, and its fatigue resistance is improved.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-コ-ト*(参考)	
C 2 2 C 38/00	3 0 1	C 2 2 C 38/00	3 0 1 Y	3 J 0 5 9
38/34		38/34		
38/50		38/50		
F 1 6 F 1/02		F 1 6 F 1/02	A	
審査請求 未請求 請求項の数 7 O L （全 5 頁）				

(21)出願番号	特願2002－17472(P2002－17472)	(71)出願人	302061613 住友電工スチールワイヤー株式会社 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1 番 1 号
(22)出願日	平成14年 1 月25日(2002. 1. 25)	(72)発明者	石原 亨 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1 番 1 号 住友 電気工業株式会社伊丹製作所内
		(72)発明者	泉田 寛 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1 番 1 号 住友 電気工業株式会社伊丹製作所内
		(74)代理人	100100147 弁理士 山野 宏 （外 1 名）
		最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 ばね用鋼線およびばね

(57)【要約】
【課題】 高価な元素の添加および高価な処理を施すこと無く、材料自身の耐疲労特性を向上できるばね用鋼線とその製造方法ならびにばねを提供する。
【解決手段】 質量％でC：0.50～0.90、Si：1.0～3.0、Mn：0.5～1.5、Cr：0.1～5.0を含み、主として金属組織が焼戻しマルテンサイトからなるばね用鋼線である。焼戻しマルテンサイトの旧オーステナイト結晶粒度番号（JIS G 0551）が＃11～＃15で、最大の結晶粒径を8μm以下とする。結晶粒径を微細化によって結晶粒界の密度を増加させて材料自身の強度向上を図り、耐疲労特性を向上させる。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 化学成分が質量%で、C：0.50～0.90、Si：1.0～3.0、Mn：0.5～1.5、Cr：0.1～5.0を含み、主として金属組織が焼戻しマルテンサイトからなるばね用鋼線であって、
焼戻しマルテンサイトの旧オーステナイト結晶粒度番号（JIS G 0551）が#11～#15で、その最大結晶粒径が8 μ m以下であることを特徴とするばね用鋼線。

【請求項2】 さらに質量%でMo：0.05～0.50、V：0.05～0.50、W：0.05～0.15、Nb：0.05～0.15、Ti：0.01～0.20、Ni：0.02～1.00、Co：0.02～1.00、Cu：0.02～1.00のうち1種以上を含有することを特徴とする請求項1に記載のばね用鋼線。

【請求項3】 マルテンサイト中におけるブロックの厚みの最大値が600nm以下であることを特徴とする請求項1または2に記載のばね用鋼線。

【請求項4】 降伏比が0.97以上であることを特徴とする請求項1または2に記載のばね用鋼線。

【請求項5】 引張強さが1800～2300N/mm²であることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載のばね用鋼線。

【請求項6】 請求項1～5のいずれかに記載のばね用鋼線を用いて作製したことを特徴とするばね。

【請求項7】 表面の硬度がHmV600以上であることを特徴とする請求項6に記載のばね。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、自動車等に用いられる高強度ばねと、その製造に適用されるばね用鋼線に関するものである。

【0002】

【従来の技術】自動車のエンジンに使用される弁ばねは、高応力、高回転で用いられており、最も厳しい使用環境にあるばねの一つである。そして、近年、自動車の軽量化に伴い、ばね用鋼線として更なる高強度化、長寿命化、つまり高耐疲労特性が要求されている。一般的に弁ばね用材料は、弁ばね用クロムバナジウム鋼オイルテンパー線や弁ばね用シリコンクロム鋼オイルテンパー線が用いられており、これらの高耐疲労化が進んでいる。

【0003】特開昭62-177152号公報（特許第2650225号）においては、Moなどの元素を添加し、さらに窒化処理を行うことによって高強度化を図っている。また、特開平5-320827号公報（特許第2898472号）では、Mo、Nbなどの元素を添加し、介在物の大きさ、組成を制御することによって高強度化を図っている。さらに、特開平02-247354号公報では旧オーステナイト結晶粒径を、特開平11-6033号公報では旧オーステナイト結晶粒径と未固溶炭化物を、特開平9-71843号公報では残留 γ 量を制限することによって疲労特性の改善を図っている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記の技術では、近年コスト低減の要望が強い中、高価な処理や添加元素を加えている点で問題である。伸線を行うためには組織をパーライト組織にする必要があるが、Mo添加によってパーライト組織に変態させるための冷却速度を、従来材に比べ緩冷却側に制御しなければならず、工業的にも適さない。

【0005】また、未固溶炭化物、残留 γ 量、介在物などの疲労破壊の起点となり得る部分を制御、低減することは重要であるが、さらなる耐疲労特性の向上が望まれている。

【0006】従って、本発明の主目的は、高価な元素の添加および高価な処理を極力行うことなく、材料自身の耐疲労特性を向上できるばね用鋼線とばねを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の特徴とするところは、質量%でC：0.50～0.90、Si：1.0～3.0、Mn：0.5～1.5、Cr：0.1～5.0を含み、主として金属組織が焼戻しマルテンサイトからなるばね用鋼線であって、焼戻しマルテンサイトの旧オーステナイト結晶粒度番号（JIS G 0551）が#11～#15で、最大の結晶粒径を8 μ m以下としたことにある。

【0008】ここで、「主として金属組織が焼戻しマルテンサイトからなる」とは、焼戻しマルテンサイトが90%以上含まれていることを指す。化学成分として、さらに質量%でMo：0.05～0.50、V：0.05～0.50、W：0.05～0.15、Nb：0.05～0.15、Ti：0.01～0.20、Ni：0.02～1.00、Co：0.02～1.00、Cu：0.02～1.00のうち1種以上を含有してもよい。これらの化学成分の他は、Feと不可避不純物から構成されるものが好適である。

【0009】材料自身の耐疲労特性を向上させるためには、結晶粒径を微細化することによって可能である。というのも、結晶の粒界は粒内に比べて強度が強いので、微細化によって結晶粒界の密度を増加すれば強度向上を図れるからである。

【0010】つまり、結晶粒度を粗大化すると靱性が劣化し、十分な靱性を得るためには#11以上にする必要がある。また、微細化するためには焼入時の加熱温度を低くする、もしくは短時間で加熱する必要がある、この場合未固溶炭化物が生じ、靱性を低下させるため#15以下に特定した。

【0011】粒度番号に加えてさらに最大結晶粒径を8 μ m以下と特定した理由は、大きな結晶が一つでも存在すると、その大きな結晶粒に応力が集中して疲労破壊の起点となるためである。粒度番号が#11～#15というのは、結晶粒径にして6.2 μ m～1.6 μ mであるが、これは平均粒径であり、最大粒径を規定するものではないため、本発明では最大粒径についても規定している。

【0012】このような結晶粒度の微細化は、焼入時の

加熱温度を800～1100℃、加熱時間を1～10sの条件で作製することができる。加熱時間は焼入時の加熱温度に保持する時間のことである。局所的に大きな結晶が存在しない組織を得るためには、加熱温度を低くして短時間で均一に加熱することによって作製することができる。また、本発ばね用鋼線は、高価な窒化処理を行わなくても耐疲労特性を向上できるが、窒化処理などの表面硬化法を施せば、さらに耐疲労特性は向上すると考えられる。

【0013】本発明の第2の特徴とするところは、上記結晶粒度や最大結晶粒径の特定と共に、マルテンサイト中におけるブロックの厚みの最大値を600nm以下に特定したことにある。

【0014】本発明の第3の特徴とするところは、さらに降伏比を0.97以上、引張強さを1800～2300N/mm²、線表面の硬度をHmV600以上の何れか1つ以上を特定したことである。

【0015】次に、本発明における構成要件の限定理由を説明する。

【0016】<C：0.50～0.90質量%>Cは鋼の強度を高めるのに必須の元素であるが、0.50%未満では十分な強度を得ることができず、0.90%を超えると結晶粒界にセメンタイトが析出し靱性が低下する。

【0017】<Si：1.0～3.0質量%>Siはフェライト中に固溶することによって、フェライトの強度を向上させ、耐へたり性を向上させるのに有効な元素である。1.0%未満では十分な耐へたり性を得ることができず、逆に3.0%を超える場合は固溶しきれずに靱性を低下させ、ばね加工性を低下させる。

【0018】<Mn：0.5～1.5質量%>Mnは鋼の焼入れ性を向上させるのに有効な元素であり、0.5%未満ではその効果が少なく、逆に1.5%を超えると靱性を低下させる。

【0019】<Cr：0.1～5.0質量%>CrはMn同様、鋼の焼入れ性を向上させるとともに焼戻し時の軟化抵抗を高め、高強度化するのに効果的な元素である。0.1%未満ではその効果が少なく、逆に5.0%を超えると焼入れ性の過度の増大となって靱性を低下させる。

【0020】<Mo：0.05～0.50質量%>Moは焼戻し時に炭化物を形成し、軟化抵抗を増大させる元素である。0.05%未満ではその効果が少なく、0.50%を超えると伸線加工性を低下させる。

【0021】<V：0.05～0.50、W：0.05～0.15、Nb：0.05～0.15質量%>W、Nb、Vも焼戻し時に鋼中に炭化物を形成し、軟化抵抗を増大させる効果がある。但しいずれも0.05%未満では、その効果を発揮し得ない。逆に、Vでは0.50%超、W、Nbでは0.15%超でいずれも焼入れ加熱時に炭化物を多く形成し、靱性を低下させる。

【0022】<Ti：0.01～0.20質量%>Tiも焼戻し時に鋼中に炭化物を形成し、軟化抵抗を増大させる効果がある。但しTiは高融点非金属介在物であるTiO₂を生成す

る。故に精錬時の条件設定などが重要である。軟化抵抗向上効果が期待できる量として0.01%以上、炭化物、介在物の過度の増加による靱性劣化を考慮して0.20%以下とした。

【0023】<Ni：0.02～1.00、Co：0.02～1.00、Cu：0.02～1.00質量%>Ni、Co、Cuはオーステナイト生成元素であり、Ni、Co、Cu添加によってMs点を大きく低下させ、残留オーステナイトを生じ易くする材料である。残留オーステナイトの増加は、鋼線の硬度を低下させる作用を持つが、逆にSiによる固溶強化やMo、W、Nb、V、Tiといった炭化物析出元素で強化された鋼線に靱性を持たせる効果を持つ。また、Niは塩水腐食環境において、Cl元素の侵入を阻止する役割も持つ。靱性向上効果を持つ最低限度として0.02%、硬度低下を招かない上限として1.00%とした。

【0024】<マルテンサイト中のブロックの厚みの最大値：600nm以下>焼戻しマルテンサイトの旧オーステナイト粒度番号は、マルテンサイト組織の有効な評価方法ではある。ただし、焼戻しマルテンサイトの組織は旧オーステナイト、パケット、ブロック、ラスで構成されており、厳密的には同一の結晶方位を持つラスで構成されたブロックの厚みが強度や靱性に大きく影響する。そこで、十分な靱性を得るためには、ブロックの最大厚みを600nm以下と特定した。

【0025】<降伏比：0.97以上>材料自身の耐疲労特性をさらに向上させるためには、粒内を強化することが必要である。一般的に高強度材の疲労破壊は、すべり帯の集中によって亀裂が発生し破壊が起こる。そこで、すべり帯の発生を低減するためには高弾性限である必要があり、降伏比を0.97以上と特定した。

【0026】<引張強さ：1800～2300N/mm²>引張強さが1800N/mm²未満であると、ばねとして十分な強度を得ることができず、耐へたり性も低下する。一方で2300N/mm²を超えると靱性が低下し、ばねの加工性を低下させる。

【0027】<線表面の硬度：HmV600以上>本発明鋼線の表面を硬化させると更に耐疲労性の向上が期待できる。硬化させる手法として、窒化処理、浸炭処理などがあるが、これらの表面処理は母材の機械的特性の影響を受けやすい。即ち、本発明鋼線を用いて作製したばねを、これら従来の表面硬化法と組み合わせることで著しい疲労限の向上が期待できる。本発明では疲労限向上の期待できる表面硬度の下限としてHmV600とした。

【0028】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を説明する。

(実施例1) 表1に示す化学成分を有する供試鋼を溶解、圧延、熱処理（パテンティング）し、伸線によって線径8.0mmから3.5mmの線材とした。この線材を表2、3に示す加熱温度、加熱時間で焼入れしてから焼戻しして試料を

作製し、その後に旧オーステナイト結晶粒度番号、最大結晶粒径、最大ブロック厚みの測定および引張試験に基づく降伏比の算出を行った。供試鋼は表1に記載の元素の他、残部はFeと不可避不純物からなる。パテンティング条件は、保持温度600℃、保持時間40秒とした。焼戻し条件は、加熱温度480℃、保持時間1秒とした。結晶粒度番号はJISG 0551に基づいて求めた。最大結晶粒径、最大ブロック厚みは試料を顕微鏡で拡大して求めた。

【0029】また、作製した試料を表4に示すばね諸元でばねに加工し、ショットピーニングを施した後、ばね 10 疲労試験機で疲労試験を行い、振幅回数 1×10^7 回で未折損である振幅応力を測定した。疲労試験における平均応*

*力は700MPaである。これらの試験結果を表2、表3に示す。

【0030】

【表1】

試料名	C	Si	Mn	Cr	V	Mo	Ni
A(a)	0.56	1.40	0.66	0.70	—	—	—
B(b)	0.65	1.94	0.75	0.70	0.07	—	—
C(c)	0.64	1.85	0.85	0.80	0.08	0.11	0.25

単位：質量%

【0031】

【表2】

試料名	引張強さ (N/mm ²)	粒度番号	最大結晶粒径 (μm)	ブロックの 最大厚み (nm)	降伏比	振幅応力 (MPa)	備考	製造条件	
								加熱時間 (s)	加熱温度 (℃)
A 1	1980	11.6	7.8	680	0.964	460	発明鋼	7	970
A 2	2005	11.5	7.4	560	0.964	475	発明鋼	8	930
A 3	1993	11.8	7.7	640	0.972	475	発明鋼	7	990
A 4	1983	11.9	7.8	570	0.973	495	発明鋼	6	990
a 1	1988	10.3	13.7	680	0.956	400	比較鋼	3	1180
a 2	1990	11.4	10.1	640	0.965	405	比較鋼	3	1110
a 3	2002	10.8	7.7	620	0.559	405	比較鋼	7	1140
a 4	1998	11.1	8.7	640	0.974	410	比較鋼	6	1110
a 5	1995	10.9	7.7	570	0.972	410	比較鋼	14	850
B 1	2158	11.7	7.7	680	0.963	495	発明鋼	6	1000
B 2	2160	11.6	7.5	550	0.964	505	発明鋼	7	960
B 3	2163	11.8	7.6	650	0.973	510	発明鋼	6	1010
B 4	2166	11.8	7.7	560	0.972	535	発明鋼	5	1020
b 1	2168	10.4	13.5	700	0.958	430	比較鋼	2	1180
b 2	2165	11.4	10.3	630	0.963	440	比較鋼	3	1120
b 3	2153	10.7	7.8	620	0.960	435	比較鋼	6	1150
b 4	2165	11.2	8.5	630	0.973	440	比較鋼	4	1120
b 5	2153	10.8	7.7	580	0.971	450	比較鋼	12	880

【0032】

※30※ 【表3】

試料名	引張強さ (N/mm ²)	粒度番号	最大結晶粒径 (μm)	ブロックの 最大厚み (nm)	降伏比	振幅応力 (MPa)	備考	製造条件	
								加熱時間 (s)	加熱温度 (℃)
B 6	2163	12.5	7.6	630	0.967	505	発明鋼	6	930
B 7	2158	14.6	7.5	610	0.968	515	発明鋼	6	850
B 8	2148	12.1	5.7	610	0.967	515	発明鋼	9	900
B 9	2163	11.9	7.6	430	0.964	510	発明鋼	8	980
B10	2163	12.0	7.8	620	0.991	520	発明鋼	7	940
C 1	2160	11.6	7.6	660	0.964	490	発明鋼	6	990
C 2	2158	11.6	7.7	540	0.963	510	発明鋼	7	970
C 3	2163	11.7	7.5	660	0.973	505	発明鋼	6	1000
C 4	2163	11.9	7.7	550	0.973	526	発明鋼	5	1020
c 1	2153	10.5	13.7	690	0.959	430	比較鋼	3	1190
c 2	2168	11.1	10.5	630	0.963	435	比較鋼	3	1130
c 3	2155	10.6	7.6	630	0.959	440	比較鋼	6	1170
c 4	2166	11.3	8.7	620	0.973	435	比較鋼	4	1140
c 5	2153	10.8	7.5	580	0.972	445	比較鋼	12	850

【0033】

【表4】

ばね諸元	
素線径	3.5mm
コイル平均径	28mm
総巻数	6.5 巻
有効巻数	4.5 巻

【0034】 以上のように、それぞれA1とa1、B1とb1、C1とc1を比較した結果から、本発明鋼は振幅応力が大きく約60MPaも上昇していることがわかる。また、B1とC1の結果から、MoやNi添加によって振幅応力の向上は認められないことが分かる。

【0035】 b3、B1、B6、B7の結果から結晶粒度番号が大きくなると振幅応力が高くなっていることが分かる。b2、B1、B8の結果から最大結晶粒径が小さくなると振幅応力が高くなっていることが分かる。B1、B2、B9の結果からブロックの最大厚みが薄くなると振幅応力が高くなっていることが分かる。B1、B3、B10の結果から降伏比 *

*が大きくなると振幅応力が高くなっていることが分かる。

【0036】 さらに、引張強さが1800MPa、2250MPaであるばね用鋼線についても、同様な結果を得た。

【0037】 (実施例2) 前記表3における発明鋼B1と比較鋼b1のばねについて、窒化処理等によって表面硬度を高め、実施例1と同様にばね疲労試験を実施した。窒化処理条件と表面硬度および疲労試験結果を表5に示す。

【0038】

【表5】

試料名	窒化処理 温度(℃)	窒化処理 時間(hr)	表面硬度 (HnV)	振幅応力 (MPa)	備考
B1	440	2	550	495	発明鋼
B11	440	2	630	585	発明鋼
B12	440	2	830	650	発明鋼
b1	440	2	540	430	比較鋼
b6	440	2	640	495	比較鋼
b7	440	2	820	545	比較鋼

【0039】 以上のように、本発明鋼では比較鋼に比べて表面硬度が高くなると著しく振幅応力が向上していることが分かる。

【0040】

【発明の効果】 以上説明したように、本発明によれば特別な処理を施すこと無しに、耐疲労特性の向上を得ることができる。これによって、ばねの細径化が可能にな

20※り、自動車エンジンの小型軽量化が可能になる。

【0041】 また、細径化による原料費低減および表面硬化法の省略による加工費低減など工業的にも有効である。

【0042】 さらに、従来の表面硬化法を組み合わせることによって、さらなる耐疲労特性の向上を得ることができる。

フロントページの続き

(72)発明者 山尾 憲人
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友
電気工業株式会社伊丹製作所内

(72)発明者 村井 照幸
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友
電気工業株式会社伊丹製作所内
Fターム(参考) 3J059 AB11 BA01 BA31 BC02 EA09
GA08